

Conference Paper, Published Version

**Brombach, Hansjörg**

## **Konstruktion und maschinelle Ausrüstung von Regenüberlaufbecken**

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104155>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Brombach, Hansjörg (1995): Konstruktion und maschinelle Ausrüstung von Regenüberlaufbecken. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Hydromechanische Beiträge zum Betrieb von Kanalnetzen. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 7. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 71-88.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# Konstruktion und maschinelle Ausrüstung von Regenüberlaufbecken

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Hansjörg Brombach  
Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH  
Steinstr. 7, 97980 Bad Mergentheim

## 1. Einleitung

In den alten Bundesländern sind heute ca 12.000 Regenüberlaufbecken (RÜB) in Mischwasserkanalisationen in Betrieb. Es wird geschätzt, daß noch weitere 20.000 RÜB fehlen. In den neuen Bundesländern ist die Mischwasserkanalisation nicht so verbreitet, weil die Trennkanalisation oder Vorstufen dazu vorherrschen, BROMBACH und KUHN (1992). Weil dort die Regenwasserbehandlung erst gerade begonnen wird, gibt es noch sehr wenige RÜB. Es fehlen in den neuen Bundesländern etwa 5.000 RÜB. In der wiedervereinigten Republik müssen also insgesamt noch 25.000 Regenüberlaufbecken gebaut werden. Eine gewaltige Aufgabe liegt vor uns, die noch mehrere Jahrzehnte beanspruchen wird.

Alle Regenüberlaufbecken brauchen eine mehr oder minder aufwendige technische Ausrüstung in Form von Abflußdrosseln, Wasserstandsregelungen, Reinigungshilfen, Rechen und Sieben, Registriergeräten, elektrischen und elektronischen Meßwertgebern, Schaltschränke etc. Die hohen Anforderungen an die Brauchbarkeit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit dieser technischen Ausrüstung verlangen, daß insbesondere der Planer, der in der Regel ein Bauingenieur ist, seinen Kollegen aus den Bereichen Maschinenbau und Elektrotechnik richtige und realistische Vorgaben macht.

Dieser Aufsatz will nicht einen umfassenden Überblick über das Thema Regenwasserbehandlung und Ausrüstung geben. Das würde den Rahmen dieses Kolloquiums sprengen. Der Stand der Technik ist umfassend in den ATV-Arbeitsblättern A 111 (1992) und A 128 (1992) nachzulesen. Die technische Entwicklung geht aber nach erst 20 Jahren Regenwasserbehandlung immer noch stürmisch voran, so daß die offiziellen Regelwerke der Praxis oft nachhinken.

Den Stand der Wissenschaft dokumentieren die zahlreichen Veröffentlichungen aus dem BMFT-Verbundprojekt „NIEDERSCHLAG“, dem größten jemals in Deutschland und wahrscheinlich sogar weltweit durchgeführten Forschungsprojekt zum



---

Thema Stadtentwässerung, BMFT (1992). Das Projekt wird von Herrn Prof. H.H. Hahn an der Universität Karlsruhe geleitet und kommt demnächst zum Abschluß. Eine Vision über die Stadtentwässerung der Zukunft gibt KRAUTH (1995) von der Universität Stuttgart, der übrigens vor 25 Jahren die Regenüberlaufbecken erfunden hat. Einen Überblick über den derzeitigen Stand der Technik bei der maschinellen und elektrischen Ausrüstung ist bei BROMBACH (1995) nachzulesen. In einer ATV-Arbeitsgruppe wird an einem Arbeitsbericht „Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung von Regenwasserbehandlungsanlagen“ gearbeitet, der 1996 erscheinen soll.

Im folgenden sollen unter Berücksichtigung des Tagungsthemas nur Verfahren und Geräte im Zusammenhang mit Regenüberlaufbecken vorgestellt werden, bei denen eine hydromechanische Wirkungsweise im Vordergrund steht.

## 2. Regenüberlaufbecken

Man unterscheidet zwei verschiedene Typen von Regenüberlaufbecken: Fangbecken und Durchlaufbecken. Die Mehrzahl aller RÜB sind Fangbecken.

### 2.1 Fangbecken, Stauraumkanäle

Fangbecken werden meistens als sogenannte Stauraumkanäle gebaut. Bild 1 zeigt einen typischen Stauraumkanal mit  $V=170 \text{ m}^3$  Volumen. Das Stauvolumen bildet ein gerades, 50 m langes Rohr der Nennweite 2.000 mm. Am oberen Ende des Kanalstauraums liegt der sogenannte Beckenüberlauf (BÜ), am unteren Ende das Drosselbauwerk. Im Drosselbauwerk befindet sich eine Ablaufdrossel, im Beispiel ein Wirbelventil, über das später noch gesprochen werden wird.

Bei Trockenwetter ist der Stauraumkanal leer, und ein Trockenwetterstrom  $Q_t$  von einigen l/s fließt ständig durch den Kanal. Bei Regen schwillt der Zustrom schnell an. Bei kräftigen Regen ist das Stauvolumen nach einigen Minuten erschöpft. Die Drossel begrenzt den Abfluß zur Kläranlage auf etwa 1 bis 5mal  $Q_t$ . Häufig werden Abflüsse bei vollem Becken von 20 bis 50 l/s verlangt. Ist der Kanalstauraum voll, ist zu erwarten, daß der erste Spülstoß (first flush) mit dem Volumen „gefangen“ ist und das nachdrängende, sauberere Wasser unbehandelt über den Beckenüberlauf in den Entlastungskanal (EK) und von dort ins Gewässer laufen kann.







Die hydromechanischen Nachweise für diesen RÜB-Typ sind vergleichsweise einfach. Die Überfallhöhe am Beckenüberlauf wird nach der POLENI-Formel berechnet, siehe A 111 (1992). Der durch den Überfall entstehende zusätzliche Rückstau darf nicht zu einem unangemessenen Einstaurisiko für die Keller führen, siehe dazu auch den Parallelaufsatz von Dr. Weiß. Deshalb ist die Vorgabe der maximalen Überfallmenge vor allem eine Frage des Wiederkehrintervalls und somit ein hydrologisches Spezialproblem. Auch wird oft nicht bedacht, wo eigentlich der „hydraulische Kontrollquerschnitt“ liegt. Es nützt nichts, die Überfallhöhe am Beckenüberlauf nachzuweisen, aber nicht danach zu schauen, ob das Wasser überhaupt durch das „Nadelöhr“ Entlastungskanal entweichen kann, ohne den Beckenüberlauf von hinten einzustauen.

Weiterhin ist nachzuweisen, daß der Trockenwetterabfluß im Stauraumkanal nicht zu massiven Ablagerungen führt. Immerhin muß, um genügend Volumen zu erhalten, die Nennweite des Stauraumes erheblich größer als die der Zulaufleitung sein. Ist die Schleppkraft dauernd zu gering, bilden sich Dünen aus Sand, sogenannte Transportkörper, die Toilettenpapier, Kot etc. rückstauen. Dieses fäulnisfähige Material stinkt, greift Kanalbaustoffe an und wandelt durch bio-chemische Vorgänge partikuläre Schmutzstoffe in die lösliche Phase um. Das vermindert die Wirkung der Regenwasserbehandlung und oft auch die der Kläranlage. Der Nachweis der Ablagerungsfreiheit, der oft vergessen wird, ist nach dem ATV-Arbeitsblatt A 110 (1988) zu führen, siehe auch Parallelvortrag von Herrn Dr. Weiß.

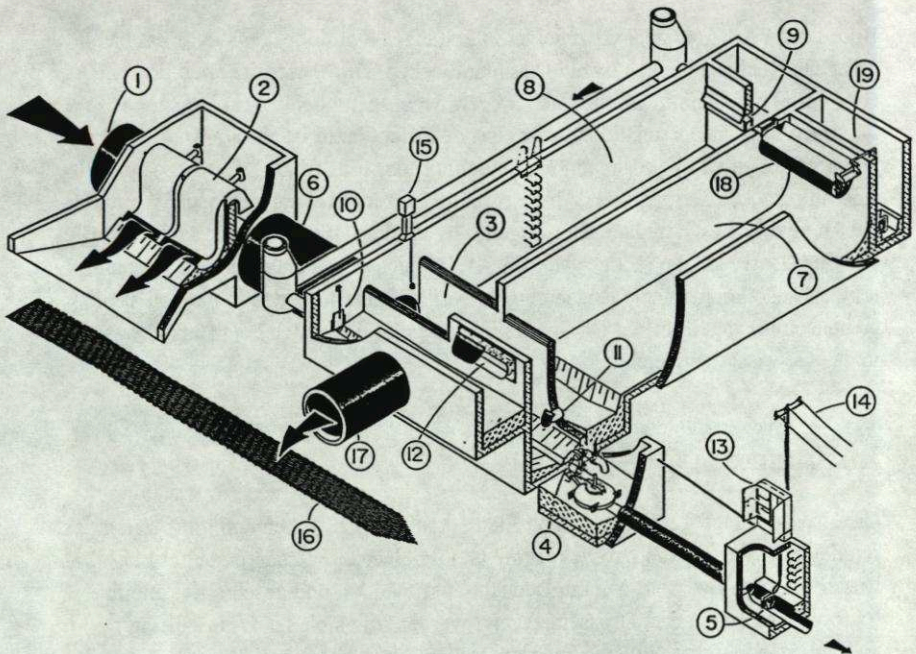
Bei der Drosselanlage muß der hydraulische Nachweis geführt werden, daß es bei Trockenwetter keinen schädlichen Rückstau in den Kanalstauraum gibt, der die Schleppkraft aufheben würde. Aus diesem Grund muß es eigentlich vor der Ablaufdrossel, gleich welchen Fabrikats, einen kleinen Höhengsprung geben, der aus Bild 1 im Vorschacht gut zu sehen ist. Das Rückstaurisiko bei Trockenwetter kommt daher, daß die Drossel sehr stark drosseln muß und deshalb in der Regel eine sehr viel kleinere Nennweite als der Kanalstauraum hat. Die erforderliche starke Querschnittseinschnürung auf 200 bis 400 mm erzeugt auch ohne Drossel für einen gewissen Rückstau.

## 2.2 Durchlaufbecken, Rechteckbecken

Durchlaufbecken sind in der Regel größer als Fangbecken und werden deshalb mehrheitlich im sogenannten Nebenschluß angeordnet, d.h. sie liegen, abgetrennt durch eine Trennbauwerksschwelle (TB), „neben“ dem Hauptsammler. Bild 2 zeigt eine solche Anordnung. Als bautechnisch sehr günstig erweist sich, daß der Neben-



schluß dazu führt, daß der Beckenüberlauf direkt gegenüber der Trennschwelle liegt und ein eigenes Bauwerk entfällt. Das Durchlaufbecken hat zusätzlich zum Beckenüberlauf (den jedes RÜB haben muß!) einen Klärüberlauf (KÜ). Im Bild 2 ist der Klärüberlauf im linken Teilbecken am hinteren Beckenende zu sehen. Die drei Überläufe BÜ, TB und KÜ müssen sehr fein in ihrer Höhe und Leistungsfähigkeit aufeinander, auf das Bauwerk und auf die zulässige Oberflächenbeschickung und Durchströmungsgeschwindigkeit im Absetzbecken abgestimmt sein. Zum Sonderfall Klärüberlauf gibt es neue Entwicklungen, über die Herr Gerhardt im Parallelvortrag berichtet.



- |                     |                          |                                    |
|---------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 Zulaufkanal       | 2 Luftregulierte Heber   | 3 Trennbauwerksschwelle (TB)       |
| 4 Ablaufdrossel     | 5 Abflußmeßstelle        | 6 Zulaufberuhigung                 |
| 7 Fangbeckenteil    | 8 Durchlaufbeckenteil    | 9 Klärüberlauf (KÜ)                |
| 10 Drosselschieber  | 11 Rückstauklappe        | 12 Schlitzklappe im Beckenüberlauf |
| 13 Schaltschrank    | 14 Fernübertragung       | 15 Datenlogger                     |
| 16 Gewässer         | 17 Entlastungskanal (EK) | 18 Spülkippe                       |
| 19 Spülwasservorrat |                          |                                    |

Bild 2: Isometrische Darstellung eines Regenüberlaufbeckens im Nebenschluß



Weiterhin sollen sich in Durchlaufbecken möglichst keine Kurzschlußströmungen oder Wasserwalzen mit Totzonen bilden, die die Absetzwirkung verschlechtern. Das ist ein sehr delikates Thema, ähnlich wie bei Klärbecken auf Kläranlagen, aber mit der Problemverschärfung, daß Durchlaufbecken schwallartig innerhalb weniger Minuten befüllt werden. Die dabei frei werdende Strömungsenergie muß so gelenkt werden, daß trotzdem eine gute Klärwirkung eintritt. Bei dem heute noch unsicheren Stand der Technik gibt es viele eigenwillige Lösungen, bei denen vermutet werden muß, daß der mögliche Wirkungsgrad beim Rückhalt absetzbarer Stoffe verfehlt wird.

Bild 2 zeigt den noch viel verzwickteren Fall eines Kombibeckens. Nur das links gelegene Rechteckbecken ist ein Durchlaufbecken. Der rechts daneben liegende Beckenteil hat keinen Klärüberlauf, sondern ist ein Fangbecken im Nebenschluß. Der nach links aus dem Bild hinausweisende Zulaufkanal ist ein Stauraumkanal im Hauptschluß, aber mit sogenannter „untenliegender Entlastung“. Bei Trockenwetter sind alle Becken leer, und das Abwasser läuft rückstaufrei auf geradem Weg durch das Bauwerk zur Kläranlage. Bei Regen schwillt der Abwasserstrom an und wird von der Drosselanlage rückgestaut. Zuerst füllt sich der Kanalstauraum, aber nur teilweise. So können viele Regenereignisse aufgefangen werden, ohne daß die im Nebenschluß angeordneten Becken überhaupt geflutet werden oder daß Abwasser in das Gewässer entweicht.

### **3. Abflußdrosseln**

Die Drosselanlage ist das wichtigste Element am Regenbecken und gleichzeitig das "Nadelöhr". Versagt die Drossel, ist die Gefahr einer Gewässerverschmutzung akut. Deshalb ist das Drosselorgan mit Bedacht auszuwählen und geschickt anzuordnen. Im folgenden sollen drei Drosseln gezeigt werden, die sich durch die Nutzung hydraulischer Effekte und eine außerordentlich große Betriebssicherheit auszeichnen.

#### **3.1 Wirbeldrossel**

Wirbeldrosseln haben eine kreisrunde, gewölbte Wirbelkammer mit tangentialer Zuleitung und axialer Ableitung. Durch die tangentielle Beschickung entsteht eine Spiralströmung. Im Zentrum des Wirbels bildet sich ein luftgefüllter Wirbelkern, der den größten Teil des Ausgangs versperrt, siehe Bild 3. Infolge der Zentrifugalkraft



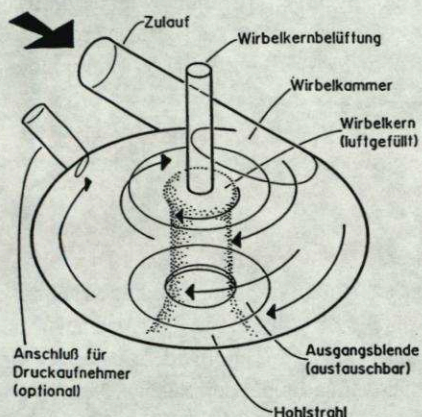


Bild 3: Strömung in einer Wirbeldrossel

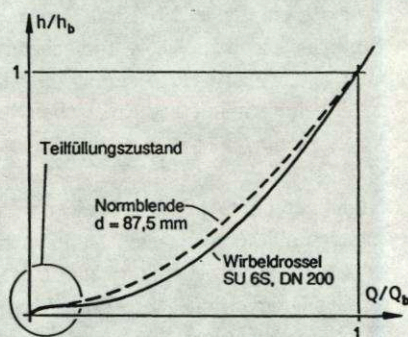
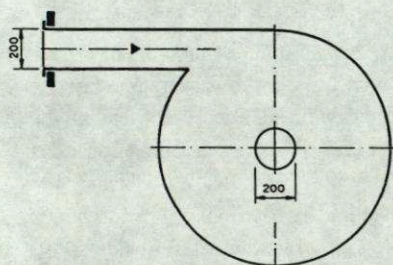
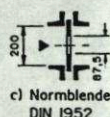
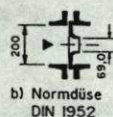


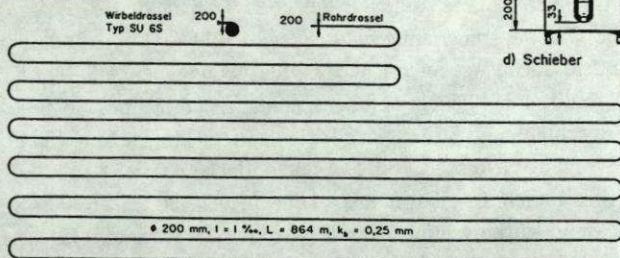
Bild 4: Abflusskurven Wirbeldrossel, Normblende



a) Wirbeldrossel DN 200, Typ SU 6S



e) Rohrdrossel



Die gezeigten fünf Drosselgeräte erzeugen bei  $h = 2,3 \text{ m}$  Druckabfall vom Eingang zum Ausgang einen Durchfluß von  $Q = 25 \text{ l/s}$ .

Die Rohrdrossel ist aus Platzgründen als Mäander gezeichnet.

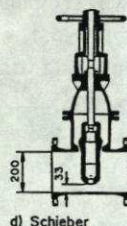


Bild 5: Vergleich verschiedener Drosseln mit der Wirbeldrossel



entsteht ein Gegendruck, der den Zufluß begrenzt. Die Wirbeldrossel ist ein nahezu idealer Beschleunigungswiderstand, d.h. die zulaufseitige Druckhöhe wird fast vollständig in Strömungsgeschwindigkeit umgesetzt. Aus der Ausgangsöffnung schießt drucklos ein dünner Hohlstrahl hinaus. Die Wirbeldrossel wurde an der Universität Stuttgart erfunden. Die hydromechanischen Vorgänge sind ausführlich bei BROMBACH, HORLACHER und FÖRSTER (1989) dargestellt. Übrigens ist es bis heute nicht gelungen, mit mathematischen Strömungsmodellen realistische Ergebnisse zu bekommen.

Bild 4 zeigt die Abflußkurve einer Wirbeldrossel. Im Vergleich mit einer Drosselblende fällt das sogenannte „superquadratische“ Abflußverhalten auf. Die Kennlinie ist steiler als bei einer Torricellischen Drossel, wo der Abfluß mit der Quadratwurzel des Druckes anwächst. Wirbeldrosseln sind sehr starke Fließwiderstände, siehe Vergleich auf Bild 5. Um den gleichen Abfluß von 25 l/s bei der gleichen Nennweite DN 200 zu erzeugen, müßte die klassische Drosselstrecke der Kanalisations-technik 864 m lang sein. Die Wirbeldrossel hat nur einen Meter Durchmesser.

### 3.2 Wirbelventil

Das Wirbelventil ist eine Weiterentwicklung der Wirbeldrossel. Die Wirbelkammer ist schräg aufgestellt. Das Unterteil ist ein Konus, dessen untere Mantellinie waagrecht liegt, siehe Bild 6. So kann bei kleinem Durchfluß der Abwasserstrom fast ohne Druckverlust im sanften Bogen durch das Ventil laufen. Dieser Betriebszustand wird als „Offenstellung“ bezeichnet. Steigt nun der Vordruck an, weil sich das RÜB zu füllen beginnt, so hebt sich auch der Wasserspiegel in der Wirbelkammer. Der Wasserkörper wird mit zunehmender Füllhöhe immer rotationssymmetrischer, und kurz vor Vollfüllung beginnt das Wasser plötzlich wie bei einer Wirbeldrossel zu drehen. Der Fließwiderstand ist nun sehr groß, das Ventil ist in „Drosselstellung“. Wegen des veränderlichen Fließwiderstandes trägt das Gerät auch den Namen „Ventil“. Die Änderung des Fließwiderstandes ist um so drastischer, je steiler die Wirbelkammer aufgestellt ist, siehe Bild 7. Die Abflußkurven sind s-förmig. Der untere flache Ast entspricht der Offenstellung, der steile der Drosselstellung. Das Ventil schaltet beliebig oft hin und her. Es gibt keine beweglichen Teile, keinen Verschleiß, und Strömungseffekte altern nicht. Der freie Fließquerschnitt ist wie bei Wirbeldrosseln sehr groß. Der untere flache Ast der Abflußkurve ist bei RÜB sehr willkommen. Es gibt praktisch keinen Rückstau bei Trockenwetterabfluß. Viele tausend Wirbelventile sind erfolgreich und weltweit im Einsatz. Ein typischer Abfluß für Wirbelventile bei 2 m Druck und einem freien Kugeldurchgang von 200 mm ist 25 l/s.



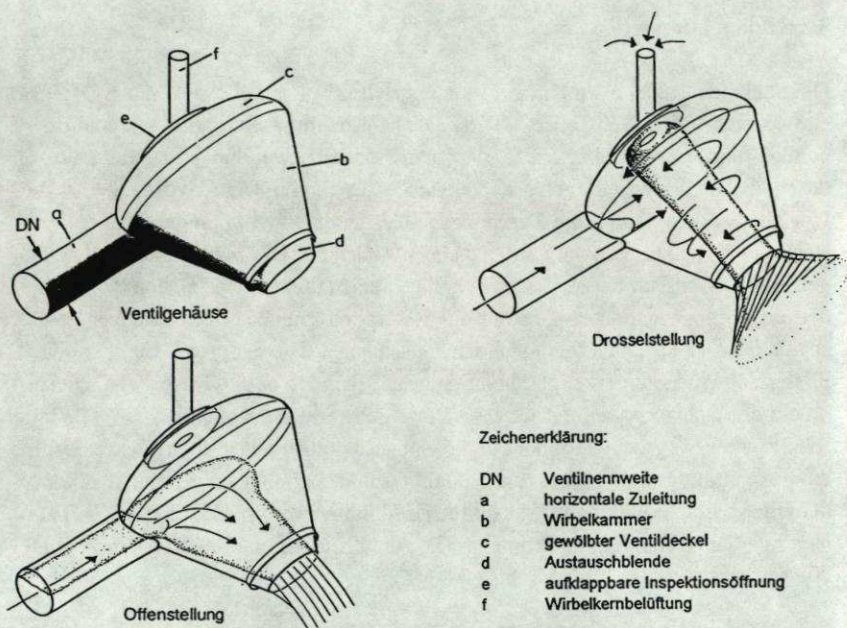


Bild 6: Aufbau und Funktion eines Wirbelventils

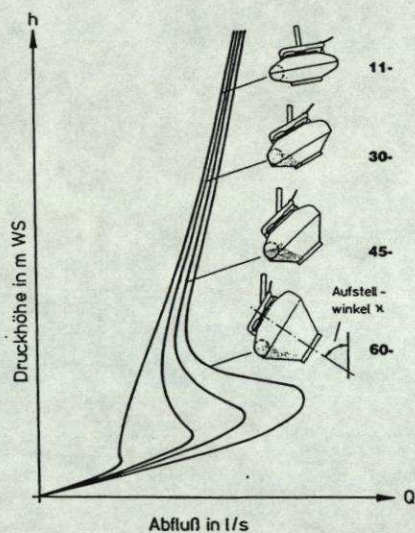


Bild 7: Typische Abflußkurven von Wirbelventilen



### 3.3 Schlauchdrossel

Die Schlauchdrossel ist in Kooperation mit Herrn Prof. Vischer von der ETH Zürich entwickelt worden, VISCHER (1979). Die Schlauchdrossel arbeitet mit dem Bernoulli-Effekt, siehe Bild 8, oben. Bläst man zwischen zwei dünnen Blättern hindurch, ziehen diese sich überraschenderweise zusammen. Dem Hydrauliker ist die Ursache bekannt. Durch die Strömungsbeschleunigung zwischen den Blättern entsteht eine Druckdifferenz zur stillstehenden Außenluft. Die Schlauchdrossel nutzt genau diesen Effekt, hat aber statt der Blätter einen dünnen elastischen Schlauch, der mit Vorspannung über ein Rohr mit zwei sattelförmigen Ausnehmungen gespannt ist. Der Schlauch beult sich leicht nach innen. Die dadurch hervorgerufene Fließgeschwindigkeit erzeugt einen Sog gemäß dem Bernoulli-Term  $v^2/2g$ . Dieser drückt den Schlauch weiter nach innen. Dadurch verkleinert sich der freie Fließquerschnitt, die Fließgeschwindigkeit und damit auch der Sog werden größer, etc. Wird die Elastizität des Schlauches und die Form der Ausnehmungen geschickt aufeinander abgestimmt, erhält man fast senkrechte Abflußkurven, siehe Bild 9. Scharfparameter ist die Größe der Ausnehmung. Die Abflußspanne einer Schlauchdrossel DN 200 reicht von 10 bis 30 l/s bei bis zu 4 m Druck.

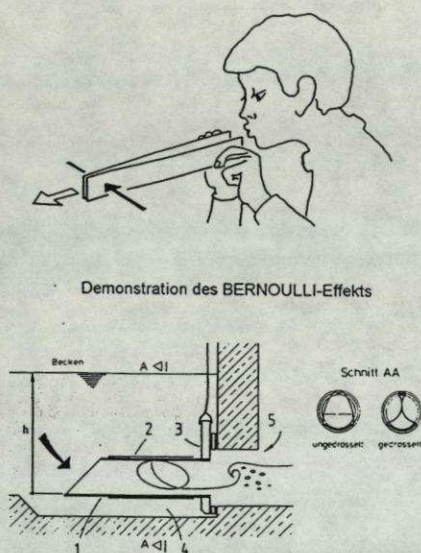


Bild 8: Funktion der Schlauchdrossel

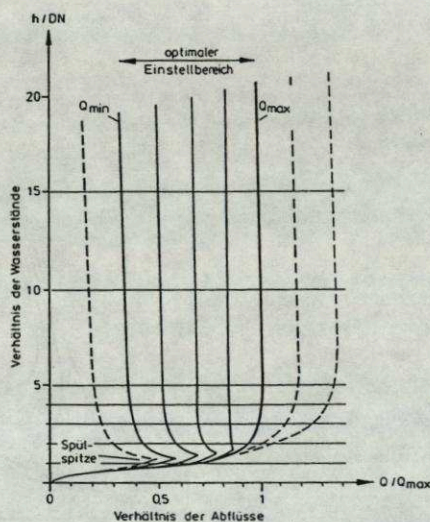


Bild 9: Abflußkurven der Schlauchdrossel



#### 4. Wasserstandsbegrenzer

Regenbecken aller Art haben ein auf die entwässerte Fläche bezogen relativ kleines Volumen. Bei Regenüberlaufbecken sind spezifische Volumina von  $25 \text{ m}^3/\text{ha}$  typisch. Sie können also nur  $2,5 \text{ mm}$  Niederschlag fassen. Das überschüssige Wasser muß und soll auch überlaufen. Die Beckenüberläufe (BÜ) werden in der Regel als feste Streichwehre ausgebildet.

In flachen Kanalnetzen ist oft die zulässige Rückstauenebene wegen der Gefahr des Kellereinstaus niedrig. Soll deshalb der zusätzliche Rückstau der Überlaufschwellen möglichst klein bleiben, müssen die festen Wehre sehr lang werden. Beckenüberläufe mit einer Schwellenlänge von  $10 \text{ m}$  sind keine Seltenheit. Die Flucht in die Länge ist nicht nur teuer, sondern wegen der POLENI-Formel auch nicht besonders wirksam. Um bei gegebener Überlaufmenge die Überfallhöhe zu halbieren, muß die Schwellenlänge fast verdreifacht werden.

##### **4.1 Luftregulierte Heber**

Die bekannten klassischen Heber sind für die Wasserspiegelbegrenzung an RÜB nicht brauchbar, weil sie eine starke Hysterese in der Abflußkurve haben. Sie würden, nachdem sie angesprungen sind, den Wasserspiegel tiefer als den Startwasserspiegel absaugen und damit unnötig viel Abwasser in das Gewässer entlasten.

Luftregulierte Heber dagegen haben eine Abflußkurve praktisch ohne Hysterese. Das wird dadurch erreicht, daß in das Oberwasser ein Schnorchel ragt, der genau auf die Höhe  $h_1$  eingestellt ist, siehe Bild 10. Solange der Oberwasserstand unter der Marke liegt, saugt der Heber Luft an und kann nicht anspringen. Je höher das Oberwassersteigt, um so mehr wird der Luftzutritt behindert. Im Ablaufast des Hebers baut sich Unterdruck auf und der Heber beginnt zu saugen. Die Regulierung der Belüftung benötigt kein bewegtes Teil.

Ein Leistungsbeispiel: Bei einem Überstau von  $110 \text{ mm}$  ( $0,55 D$ ) hat ein  $1 \text{ m}$  breiter Heber der Nennweite  $D = 200 \text{ mm}$  einen Vollastabfluß  $Q_a$  von  $734 \text{ l/s}$ , siehe Bild 11. Ein festes Wehr benötigt würde dafür  $8,2 \text{ m}$  Schwellenlänge (Wehersatzfaktor). Natürlich kann der Heber nur seine volle Leistungsfähigkeit erreichen, wenn auf der Rückseite der Schwelle genügend Saughöhe vorhanden ist. Die Entwicklung und Erprobung derartiger Heber war sehr aufwendig, MARKLAND und BROMBACH (1987).



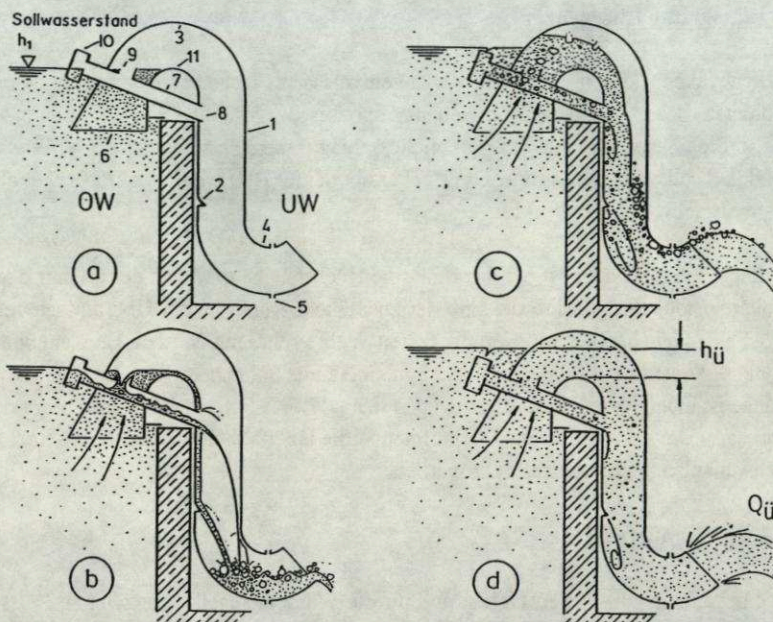


Bild 10: Funktion des luftregulierten Hebers

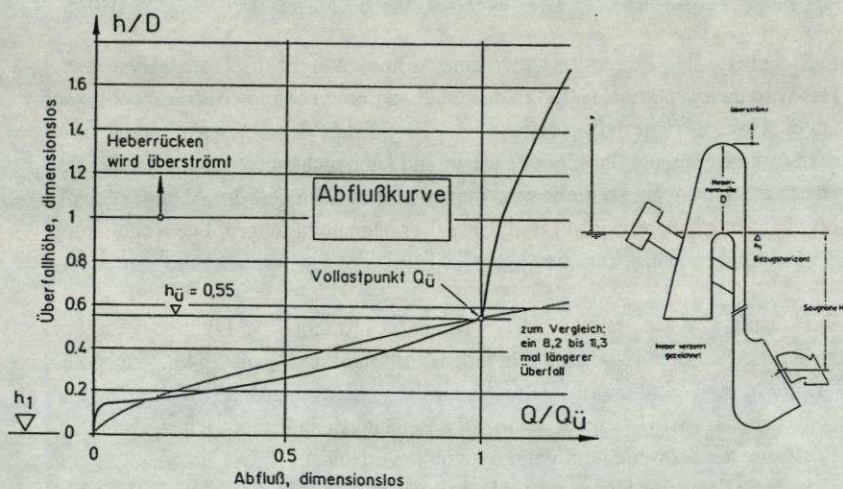


Bild 11: Abflußkurve des luftregulierten Hebers



## 4.2 Biegeklappe

Steht keine oder nur wenig Saughöhe zur Verfügung, scheiden Heber aus. Eine Verkleinerung der Überfallhöhe ist dann nur noch mit beweglichen Wehrklappen möglich. Aber hier ist einige Vorsicht geboten. Wehre, die so gesteuert sind, daß die zusätzliche Überfallhöhe sehr klein oder gar zu Null wird, sind problematisch. Diese Wehre müßten sehr heftig auf kleinste Wasserstandsänderungen reagieren. Das können sie nicht ohne zusätzliche Hilfsenergie. Selbst wenn sie es täten, wäre das unerwünscht, denn sie würden die natürliche Dämpfung der Rückhaltung aufheben. Soll z.B. der Wasserstand konstant gehalten werden, muß der Überlauf immer genau so groß wie der Zulauf sein. Der Vorfluter erhält also den vollen Abflußstoß aus der Kanalisation. Das führt zu unnötigem hydraulischen Streß im Gewässer.

Bild 12 zeigt eine interessante Neuentwicklung, die Biegeklappe, die die o.g. Forderungen erfüllt. Es handelt sich um ein dünnes Blech aus hochvergütetem Edelstahl, das an eine feste Schwelle gedübelt wird. Unter dem Wasserdruck biegt sich dieses Blech um und gibt eine größere Überströmhöhe frei. Läßt der Druck nach, richtet sich das Biegeblech wieder auf. Hinter dem scheinbar einfachen Aufbau des Gerätes steht ein sehr komplizierter Zusammenhang zwischen angreifenden hydraulischen Kräften und passiven Rückstellkräften des Biegebleches. Typisch sind spezifische Überfallmengen von 50 bis 1.000 l/s\*m bei Überstauhöhen von 3 bis 13 cm. Die Abflußkurve der Biegeklappe zeigt Bild 13. Im unteren Arbeitsbereich gibt es eine kleine Hysterese  $\Delta h_{hy}$ , die aber nicht schädlich ist. Zum Vergleich ist die Abflußkurve einer festen Schwelle mit eingezeichnet.

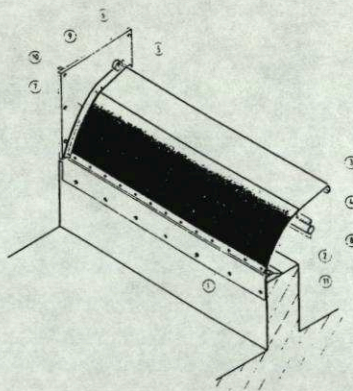


Bild 12: Biegeklappe aus dünnem Federstahl



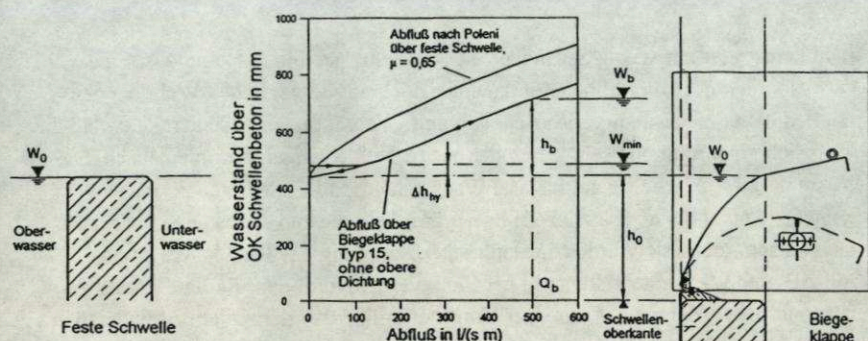


Bild 13: Abflußkurve einer Biegeklappe im Vergleich mit einer festen Schwelle

## 5. Reinigung von Regenüberlaufbecken mit Spülkippen

Es ist heute eine akzeptierte Meinung, daß stark verschmutzte Regenbecken ein gutes Zeichen für deren Wirksamkeit sind. Dieser Schmutz ist mit Sicherheit vom Vorfluter zurückgehalten worden, muß aber nach Regenende sofort aus dem Becken entfernt werden, damit er nicht zu faulen beginnt und beim nächsten Regen zum Gefahrenpotential wird.

Man kann natürlich die Regenbecken von Hand mit Schneeschiebern, Besen und Wasserschläuchen sauber halten. Aber diese immer wiederkehrende Arbeit ist nicht beliebt, eklig, mühsam und nicht ganz ungefährlich und unterbleibt deshalb oft ganz. Mechanische Räumern, wie man sie von der Kläranlage kennt, haben sich bei RÜB nicht bewährt.

In der Praxis haben sich eigentlich nur zwei Beckenreinigungsverfahren durchgesetzt. Das Fortspülen der Ablagerungen nach der Beckenleerung durch Spülkippen oder Schwallspüler und das Vermeiden des Absetzens durch Rühren während der Beckenfüllung. Hier soll von Spülkippen berichtet werden.

Spülkippen schütten plötzlich aus einigen Metern Höhe Wassermengen von 300 bis 2.000 l pro m Beckenbreite aus. Der schnelle, kurze und heftige Schwall erzeugt Schleppspannungen von über 100 N/m<sup>2</sup>. Mit Spülkippen lassen sich natürlich nur leere Becken reinigen.



Für den erfolgreichen Einsatz von Spülkippen sollten die Spülbahnen rechteckig und parallel sein. Es wird Abwurfhöhe benötigt, die Spülbahn soll Gefälle haben, am Ende der Spülbahn fängt ein Spülsumpf den Schwall auf, siehe Bild 14.

In unserem Labor wurden ausführliche Versuche zur Dimensionierung von Spülkippen durchgeführt, aus denen das Diagramm auf Bild 15 abgeleitet wurde. Man erkennt aus den nach oben abbiegenden Kurven, daß mit Spülkippen nicht beliebig weit gespült werden kann. Spülfeldlängen von etwa 80 m stellen wohl die vernünftige Obergrenze dar.

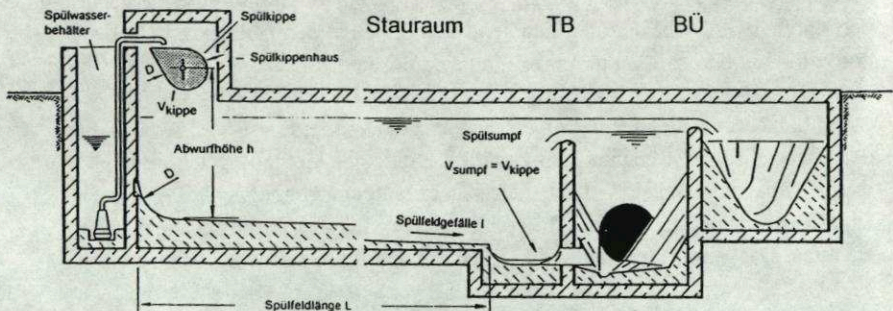


Bild 14: Die Anordnung von Spülkippen zur Beckenreinigung

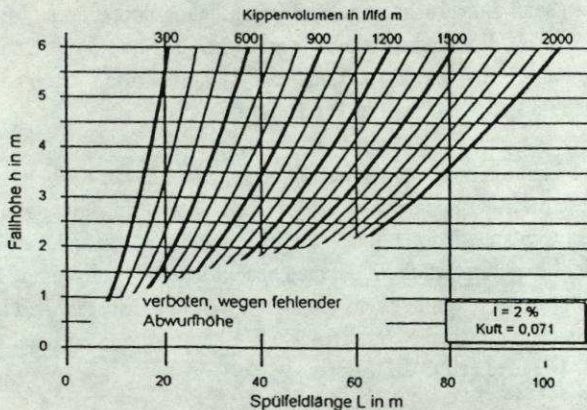


Bild 15: Bemessungsdiagramm für Spülkippen



## 6. Regenwasserbehandlung mit Wirbelabscheidern

Bislang wurden Geräte gezeigt, die Strömungseffekte nutzen, um ein bestimmtes hydraulisches Verhalten zu erzeugen. Zum Schluß soll nun noch ein Beispiel für die Nutzung eines Strömungseffekts zur Stofftrennung in der Regenwasserbehandlung vorgeführt werden: der Wirbelabscheider.

Der Wirbelabscheider besteht aus einer großen Wirbelkammer mit einigen Meter Durchmesser, mit tangentialen Zulauf und axialem Ablauf, ganz ähnlich wie die Wirbeldrossel. Im Deckel sind aber ein Leitapparat, eine Tauchwand und ein Ringschlitz integriert, siehe Bilder 16 und 17. Der Trockenwetterabfluß fließt ungehindert durch den Abscheider über den geneigten Boden in den Ablaufkonus und von dort zur Abflußdrossel, im gezeigten Fall eine Wirbeldrossel.

Steigt bei Regenwetter der Zufluß an, begrenzt die Wirbeldrossel den Ausfluß, und der Wirbelabscheider beginnt sich zu füllen. Zahlreiche kleine Regenereignisse werden so allein durch das Abscheidervolumen aufgefangen, ohne daß Abwasser zum Gewässer überfließt. Bei stärkeren Regen beginnt der Wirbelabscheider überzulaufen. Das Wasser tritt durch den Ringspalt und fließt auf dem Deckel ab.

Durch den tangentialen Zulauf wird das gesamte Wasservolumen im Abscheider in eine kräftige Drehbewegung versetzt. Es herrschen nahezu ideale Bedingungen für eine Potentialströmung in Form einer Wirbelsenke. Das ist eine äußerst turbulenzarme Strömung mit ausgeprägter Sekundärströmung. Schmutzteilchen sinken nach unten und werden sanft zum Ausgang geschwemmt. Man nennt diesen Vorgang auch „Teetasseneffekt“. Wenn man in einer Tasse mit Teeblättern rührt, sammeln sich diese schnell am Boden in der Tassenmitte. Schwimmstoffe steigen nach oben und sammeln sich im Luftpolster unter dem Deckel.

Wie groß der Rückhaltewirkungsgrad von Schmutzstoffen durch Wirbelabscheider ist, ist eine sehr schwierig zu beantwortende Frage. Nach jahrelangen Arbeiten im Labor und Messungen an existierenden Wirbelabscheidern schält sich heraus, daß Wirbelabscheider bei guten Randbedingungen beachtliche Wirkungsgrade haben. Werden sie an Stelle eines Fangbeckens eingesetzt, erreichen sie mit dem halben Nutzvolumen etwa den gleichen Schmutzrückhalt. Literatur über Wirbelabscheider ist bei BROMBACH et al (1993) zu finden.



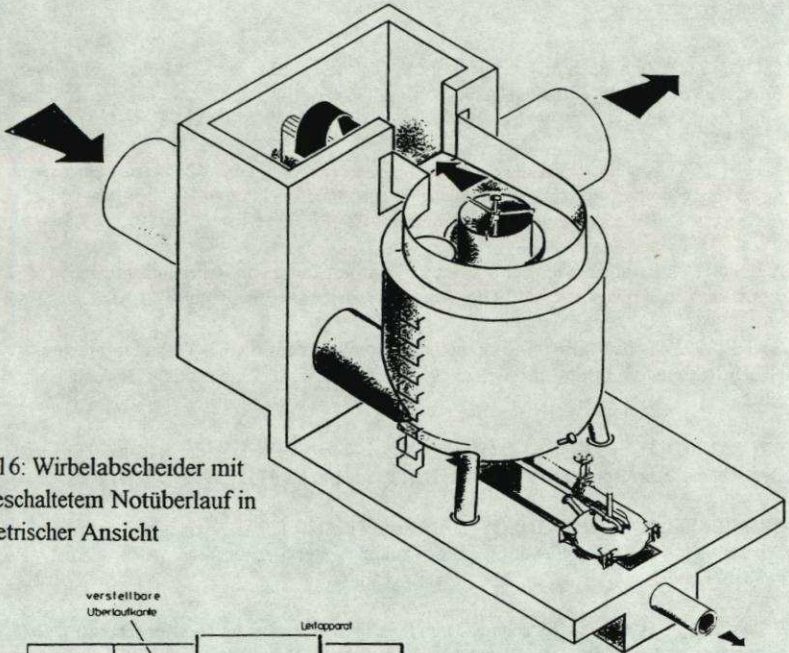


Bild 16: Wirbelabscheider mit vorgeschaltetem Notüberlauf in isometrischer Ansicht

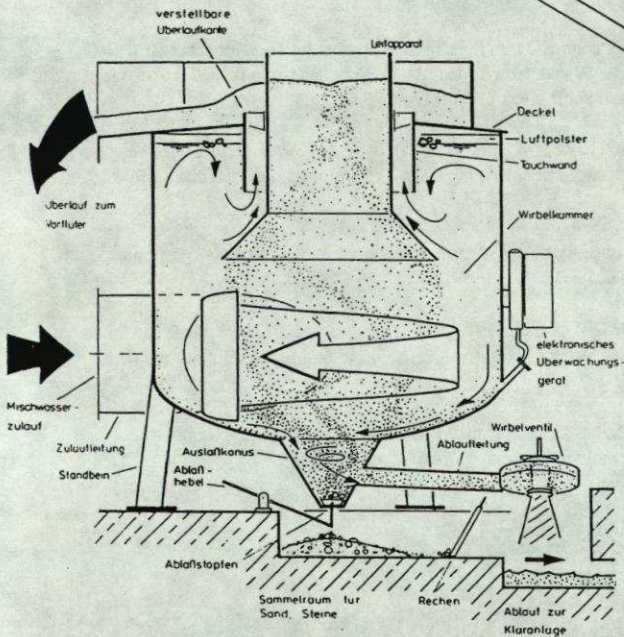


Bild 17: Vorgänge im Wirbelabscheider, idealisiert



## Literaturverzeichnis:

A 110 (1988): Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen. Arbeitsblatt A 110 der Abwassertechnischen Vereinigung, St. Augustin, 1988.

A 111 (1994): Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen. Arbeitsblatt A 111 der Abwassertechnischen Vereinigung, St. Augustin, 1994.

A 128 (1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen. Arbeitsblatt A 128 der Abwassertechnischen Vereinigung, St. Augustin, 1992.

BMFT (1992): Schadstoffe im Regenabfluß, Präsentation des BMFT-Verbundprojektes NIEDERSCHLAG. Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 64, 1992.

BROMBACH, H. und KUHN, B (1992): Häufigkeit und Verteilung der Kanalisationsverfahren in Deutschland. Korrespondenz Abwasser, Heft 8, S. 1106 bis 1112, 1992.

BROMBACH, XANTHOPOULOS, HAHN und PISANO (1993): Experience with Vortex Separators for Combined Sewer Overflow Control. Water Science Tech. IAWQ, Vol 27, No. 5-6, p. 93-104, 1993.

BROMBACH, H. (1995): Maschinelle und Elektrische Ausrüstung von Regenbecken. Schriftenreihe des Instituts für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung an der Technischen Hochschule Darmstadt, Heft 82, S. 137 - 170, 1995.

BROMBACH, H., HORLACHER, H.-B. und FÖRSTER, R. (1989): Energieabbau mit Wirbeldrosseln in einer Waschwasserrohrleitung eines Kalksteinbruches. 3R international, Heft 5, S. 330 - 336, 1989.

KRAUTH, KH. (1995): Kommunale Abwasserbehandlung in der Zukunft. Korrespondenz Abwasser, Heft 8, S. 1256 -1258, 1995.

MARKLAND, E. und BROMBACH, H. (1987): An Air-regulated Saddle Siphon for Storm Water Overflow. Proceedings of the IV.Int. Conference on Urban Storm Drainage, vol. II, p. 134-139, Lausanne, 1987.

VISCHER, D. (1979): Die selbsttätige Schlauchdrossel zur Gewährleistung konstanter Beckenausflüsse. Wasserwirtschaft, Heft 12, S. 1- 5, 1979.

Anschrift des Verfassers:

apl. Prof.Dr.-Ing.habil. Hansjörg Brombach

UFT Umwelt- und Fluid-Technik GmbH

Steinstr. 7

D-97980 Bad Mergentheim

Tel.: (07931) 97 10-0

Fax: (07931) 97 10-40

DRES95.DOC